

선망어업의 생산성 향상에 관한 연구 - III
**- 줍줄 체결 시 파워블록과 트리플렉스용 선망 모형의 유속에
따른 운동특성 -**

김 석 종*
제주대학교 해양과학부

**Studies on the improvement of the productivity of
purse seine fishery-III**
**- The characteristics on the motion with the flow velocity of model purse seine
of the subjective power block and triplex during pursing -**

Suk-Jong KIM*

Faculty of Ocean Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

This fundamental studies on for the productivity improvement and laborsaving of purse seine fishery. Given the difficulty posed from the distortion of net shape caused by the external forces, such as tide, at the time of shooting and pursing, we set the 4 steps of 0, 2, 4 and 6cm/sec in flow velocity in the flume tank for the experiment in order to examine those characteristics. We used two model seines designed on the scale of 1 to 180 based on the power block seine, which is the mackerel purse seine generally used in the near sea of Jeju Island and triplex seine, which is the mackerel purse seine of one boat system fishing expected in the future, for the experiment, and interpreted the characteristics of several motion in water, such as the shape of seine, the change in tension and area during pursing and its the analysis results are as follows. Though the experiment could be conducted up to 6cm/sec of flow velocity that was defined, the experiment could not go on because of the severe distortion in the seine at the flow velocity in excess of 6cm/sec. As for the depth of leadline and reduction rate of side area of seine when the pursing is connected, P seine turned out to be slightly higher than T seine, and the hauling speed and reduction rate of upper area of seine were found similar to each other. The correlation between the hauling time (Ht) and depth of leadline (Dhp, Dht) of P seine and T seine can be expressed by the equation, that is, $Dhp = (0.99Pt - 7.63)Pt + 69.01$, $Dht = (1.03Pt - 7.73)Pt + 66.74$. The correlation between the hauling time and hauling velocity (Hpp, Hpt) can be expressed by the equation, that is, $Hpp = -0.06Ht^2 + 0.88Ht + 0.78$, $Hpt = -0.05Ht^2 + 0.81Ht + 0.98$ here, Pt is

*Corresponding author: ksukjong@cheju.ac.kr Tel: 82-64-754-3411 Fax: 82-64-756-3483

pursing time. And the correlation between the pursing time and the reduction rate of side area (sArp, sArt) can be expressed by the equation, that is, $sArp = -0.48Pt^2 + 14.79Pt - 16.74$, $sArt = -0.45Pt^2 + 14.56Pt - 16.48$. The reduction rate of upper area of seine (tArp, tArt) can be expressed by the equation, that is, $tArp = 0.34Pt^2 - 0.66Pt - 0.74$, $tArt = 0.34Pt^2 - 0.27Pt - 1.80$. In addition, the correlation between the pursing time and tension of purse line (Tep, Tet) can be expressed by the equation, that is, $Tep = 2.79Pt^2 + 2.26Pt - 0.60$, $Tet = 2.14Pt^2 + 8.08Pt - 27.50$.

Key words : Purse seine, Power block model seine, Triplex model seine, Flow velocity, Motion characteristics

서 론

우리나라 대형선망어업은 대마도 주변해역으로부터 제주도에 이르는 해역과 제주도 남쪽해역에 걸쳐 연중 어장이 형성되고 있다. 이 중에서 제주도 주변해역은 선망어업의 중심해역으로서 매우 중요한 어장인데, 이 어장은 하계에 고등어, 전갱이 어장이 형성되고 있으며 선망어장의 다섯 구역 중 하나로서 선망어선의 연간 평균조업회수의 비율이 40%정도에 이르는 중요한 어장이다. 그런데, 이 중 제주도 북서 해역은 하계에 대마난류계 수괴와 황해 냉수괴의 저층수에 의해 이중조가 발생하는 해역으로서 상층과 중층에 강한 약층이 발달하여 선망 조업 시 투망된 선망어구의 정상적인 전개가 불가능하며, 또한 그물의 망형을 크게 변형시켜 어구의 성능이 저하되는 경우가 다수발생하고 있다 (Park et al., 1999).

대형 선망어업의 선망어구는 다른 운용 어구에 비해서 어구의 형상은 단순하나 크기가 대형이고 그물감의 사용량이 매우 많기 때문에 전술한 이중조와 같은 조류 등의 외적인 영향에 인하여 만들어지는 그물형의 변화 및 웍줄의 장력변화가 심하고 이로 인해 어군을 포위한 선망어구의 용적이 위축될 뿐만 아니라 파망 등의 조업장애 요인도 발생하는 등 어획성능을 저하시킬 수 있다.

지금까지의 선망 어업에 관한 연구로서는 주

로 그물어구의 성능 향상 및 그물 설계와 조업 방법 등을 개선하기 위한 것으로서, Iitaka(1954, 1955, 1956, 1958), Kawakami(1964), Konagaya (1970, 1971), Nomura et al.(1987), Park et al.(1986, 1989, 1991, 1997, 1999), Kim et al.(1992, 1995, 1998, 1999, 2003, 2004)등의 연구보고가 있다. 이것들 중에 선망어법에 있어서 웍줄 체결 중 그물의 망형 변화 및 웍줄의 장력에 관한 보고로서는 Inoue(1954), Iitaka(1954, 1955, 1956), Kondo et al.(1960), Ishii et al.(1961), Konagaya(1970), Liu et al.(1984), Shimozaki et al. (1988) 및 Park et al.(1986, 1999), Kim et al.(1999, 2003, 2004)등이 있다.

이와 같이 다수의 연구가 보고되어 있으나 선단조업에서 사용하고 있는 파워블록용 선망과 단선조업에서 사용하고 있는 트리플렉스용 선망에 대하여 어구의 특성을 비교하는 연구는 그 수가 많지 않다. Kim(2007)은 이 연구와의 일련의 것으로 앞서 보고한 연구에서 파워블록용 선망과 트리플렉스용 선망에 대하여 침강 운동을 할 때 조류의 영향을 검토하는 연구를 수행하여 보고하고 있으나 웍줄 체결 시 조류에 의한 그물의 망형 및 장력 변화 등에 관한 연구는 아직까지 보고된바 없는 실정이다.

따라서 이 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 일련의 기초연구로서 실내 회류수조를 이용하여 실험 가능한 범위의 유속을 설정하고

일반적으로 제주 근해에서 사용하고 있는 고등어 선망어구인 파워블록용 선망(Power block seine)과 앞으로 예상되는 단선조업에서의 고등어 선망어구인 트리플렉스용 선망(Triplex seine)의 두 가지 모형망을 이용하여 실험을 실시하고, 어구별로 줍줄을 체결할 때의 망형 변화, 면적 변화와 장력 변화 등의 몇 가지 수중운동 특성을 해석한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

실험에는 Kim(2007)의 연구에서 사용한 1/180로 축척한 모형망을 이용하였는데, 선망어구의 선단조업과 단선조업 시스템에서 사용되고 있는 어구성능을 조사 분석하기 위해서 편의상 한국 근해에서 선단조업의 형태로 Power block을 사용해서 어로작업을 수행하는 선망의 모형망을 「파워블록용 선망」, 노르웨이국 근해에서 단선조업의 형태로 Triplex net winch를 사용해서 어로작업을 수행하는 선망의 모형망을 「트리플렉스용 선망」이라고 이름을 붙였으며, Power block seine을 P seine, Triplex seine을 T seine이라고 약칭하여 기술하였다(Kim, 2007).

이 실험은 Kagoshima대학 수산학부 회류수조(관측수로 L600×B200×D100cm)에서 실시했는데, 실험장치의 배치는 Fig. 1과 같다. 실험장치는 투망시스템, 줍줄 체결 시스템, 장력측정 시스템, 촬영시스템 및 화상처리시스템으로 구성하였으며, 이들 시스템에 대한 설치 및 제어 작동방법과 실험방법은 Kim(1999)의 연구에서 보고한 내용과 동일하다.

회류수조의 관측부 수로위에 설치한 투망장치의 선회대 끝에 붙어있는 선망어구장치대에 그물을 쌓고, 선회반경 76cm, 시점각도 10°, 종점각도 350°, 투망속도 110cm/sec의 실험조건으로 선회대를 회전시켜 선망어구 씹지부분부터 차례대로 수면에 투망하였다. 이때, 유속을 예비 실험 결과에 따라 실험 가능 범위인 0, 2, 4, 6cm/sec까지 4단계로 설정했다. 실험방법은 투망속도와 줍

줄 체결 개시까지의 대기시간을 5sec로 일정하게 하고 줍줄 체결 시간을 5, 10, 15, 20, 25sec의 5단계로 하여 실험번호를 P seine에서는 각각 P1, P2, P3, P4, P5, T seine에서는 T1, T2, T3, T4, T5라고 이름을 붙이고 Table 1과 같은 각각의 조건에서 20회씩 반복 실험했다. 줍줄 체결을 시작하여 선망어구를 거둬들이면서 줍줄 체결 종료까지의 망형 변화를 기록하기 위해서 실험수조의 측면부와 상방에 비디오카메라를 설치하였는데, 수면까지의 거리는 각각 200cm, 427cm였다. 그리고, 줍줄 체결 시스템에 부착된 로오드셀 끝단에 활차를 설치하고 이 활차에 선망어구 양단의 줍줄을 통과시켜 줍줄을 감아 들이면서 장력을 측정했는데, 측정된 값은 컴퓨터에 입력되도록 연결했다. 또한 화상처리 작업에서 필요한 화상의 축소비를 구하기 위해서 캘리브레이션 보드를 실험장소와 동일한 장소에 설치하고 측정 좌표의 원점을 정하였다. 줍줄 체결 시 선망어구의 운동특성과 용적변화의 특성을 파악하기 위해서 녹화한 비디오테이프를 재생하면서 1sec 간격으로 정지화상을 프린트하고 정밀 면적과 선 측정기(X-Plan 360d II, Sokkia Co.)를 이용하여 데이터를 읽고 실제 값으로 환산하였으며, 그 평균값을 해석에 이용했다. 양망에 대해서는 측면부에서 촬영한 재생화면 프린트 자료를 이용하여 경과시간에 따른 선망어구 중앙부분 아랫자락의 도달수심을 측정하였다. 그리고 용적에 대해서는 측면부와 상방에서 촬영한 재생화면 프린트 자료를 이용하였는데 측면부는 평면상에 투영된 선망어구의 형상을 경과시간별로 프린트하여 그 형상의 외측선으로 만들어진 면적(선망어구 측면부 면적)을 측정하였으며, 상방은 뜰줄로 만들어진 원의 면적(선망어구 상방부 면적)을 경과시간에 따라서 측정하여 분석했다. 이와 같이 측정된 면적자료를 Park et al.(1997)과 같은 방법으로 (1)식을 이용하여 면적변화를 해석했다.

$$(1 - At/Af) \times 100 = Ar(\%) \quad (1)$$

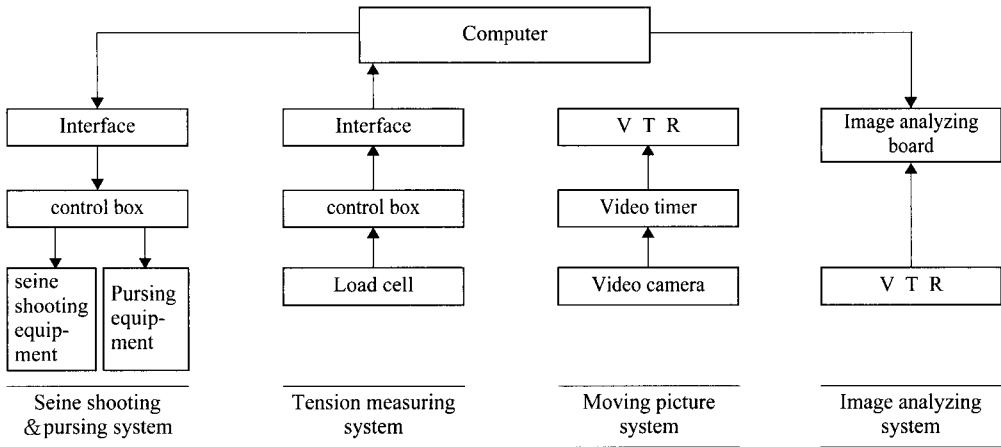


Fig. 1. Block diagram of the experimental equipment.

Table 1. The experimental conditions of the model purse seines

Seines	Shooting time		Waiting time		Pursing time		Exp. No.	
	MV(sec)	AV(min)	MV(sec)	AV(min)	MV(sec)	AV(min)	P seine	T seine
P and T seine	2.5	5.0	5.0	10.0	5.0	10.0	P1	T1
	2.5	5.0	5.0	10.0	10.0	20.0	P2	T2
	2.5	5.0	5.0	10.0	15.0	30.0	P3	T3
	2.5	5.0	5.0	10.0	20.0	40.0	P4	T4
	2.5	5.0	5.0	10.0	25.0	50.0	P5	T5

P seine : Power block seine, T seine : Triplex seine, MV : Model value, AV : Actual value.

이때, A_r 은 면적감소율, A_f 는 웁줄체결 개시 직전의 면적, A_t 는 웁줄체결을 개시한 후 일정시간 경과후의 면적이다.

결과 및 고찰

선망어법의 어획과정은 대략 어군탐색, 투망, 웁줄 체결, 양망, 어획물수납의 순서로 이루어지는데, 이 연구에서는 이러한 실제 조업과정을 크게 투망, 웁줄 체결, 양망과정으로 단순화하고 투망종료 후 일정 시간 대기하고 웁줄을 체결하면서 동시에 양망을 하는데, 해석은 양망에 대한 그물어구의 수중 운동 특성, 즉 수심변화와 웁줄체결에 대한 용적과 장력변화 단계로 나누어 행하였다. P seine과 T seine에 대하여 유속 4cm/sec에서 웁줄 체결 시간에 따른 양망 장면의 일부를 각각 Fig. 2에 나타냈다. 이 어구들은 앞부분

부터 투망된 후 빠르게 수평방향으로 원통모양을 만들며 전개되면서 침강을 하고 일정 대기시간 경과 후 웁줄 체결을 시작하면 체결장치를 기점으로 반구형 모양으로 변형되면서 서서히 웁줄체결과 함께 양망된다.

웁줄 체결을 시작하고 양망하는 과정에서 변화되는 양망되는 시간과 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심과의 관계를 선망어구와 유속별로 Fig. 3에 나타냈다. Kim et al. (2003)의 연구결과와 마찬가지로 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심은 웁줄을 체결하는 과정에서 초기에 작은 변화를 보이다가 시간이 경과함에 따라 급속하게 변화의 폭이 커지는데 일정 시간이 경과하면 변화의 폭이 작아지는 현상을 나타냈다. 여기에서 유속이 있을 때(2, 4, 6cm/sec) 웁줄 체결 시간과 양망되는 시간이 일치하지 않고 대부분 증감현

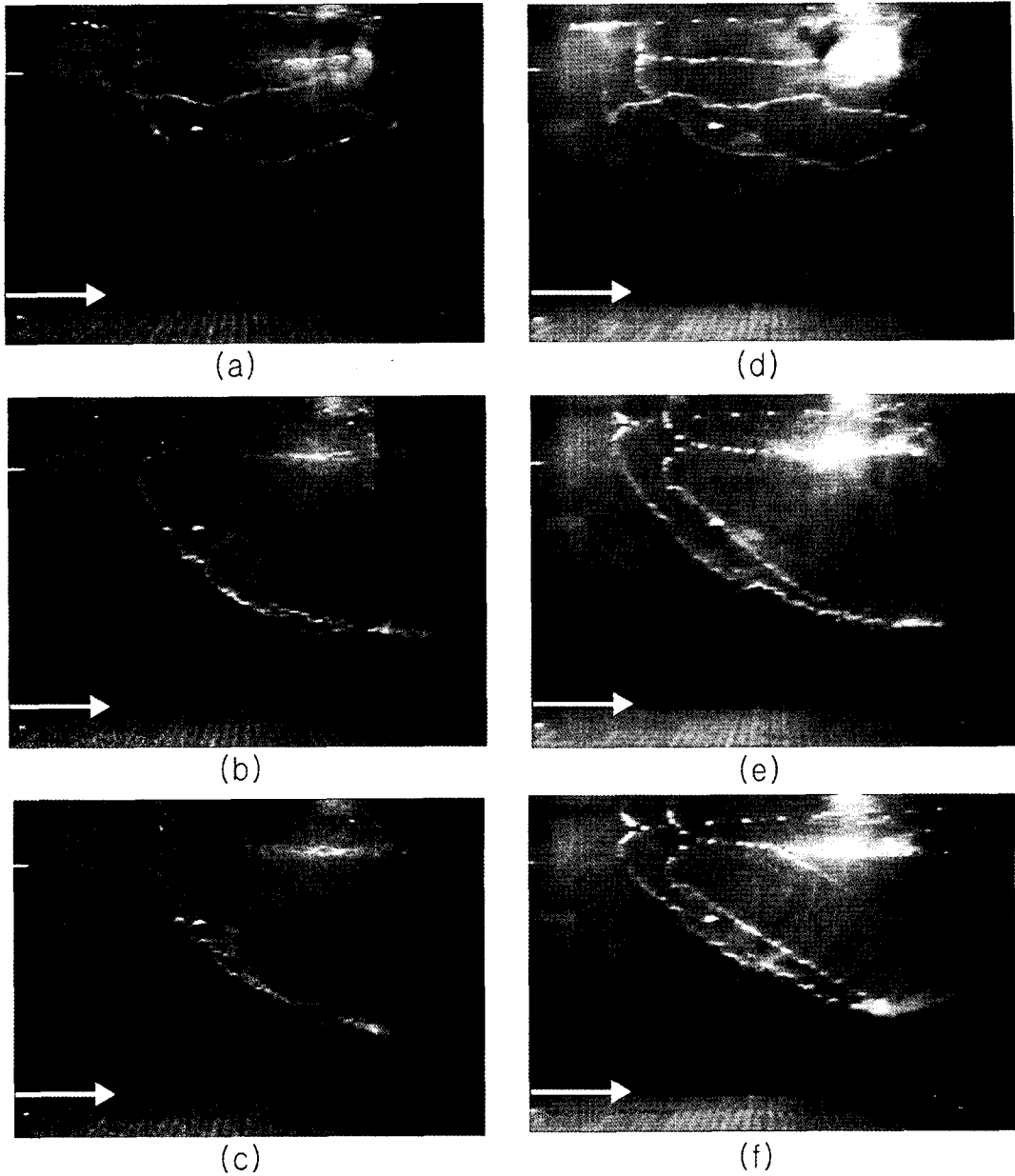


Fig. 2. The scene of the model purse seines at the time pursing(20 seconds) in the flow velocity 4 cm/sec(→ flow direction).
 (a), (b), (c) : Elapsed time 4, 9 and 13sec for the power block seine,
 (d), (e), (f) : Elapsed time 4, 9 and 13sec for the triplex seine.

상이 나타나는데, 이것은 줍줄을 체결할 때 수중 저항에 의하여 선망어구가 줍줄 체결과 역방향으로 날리는 부분이 생겨서 화상에서 줍줄 체결 시작 시점을 정확하게 일치시키지 못하여 발생

한 것으로 추정된다.

전체적으로 보면 줍줄체결을 시작하여 양망되는 경과 시간에 따른 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심은 차이는 그다지 크지 않지만 P seine

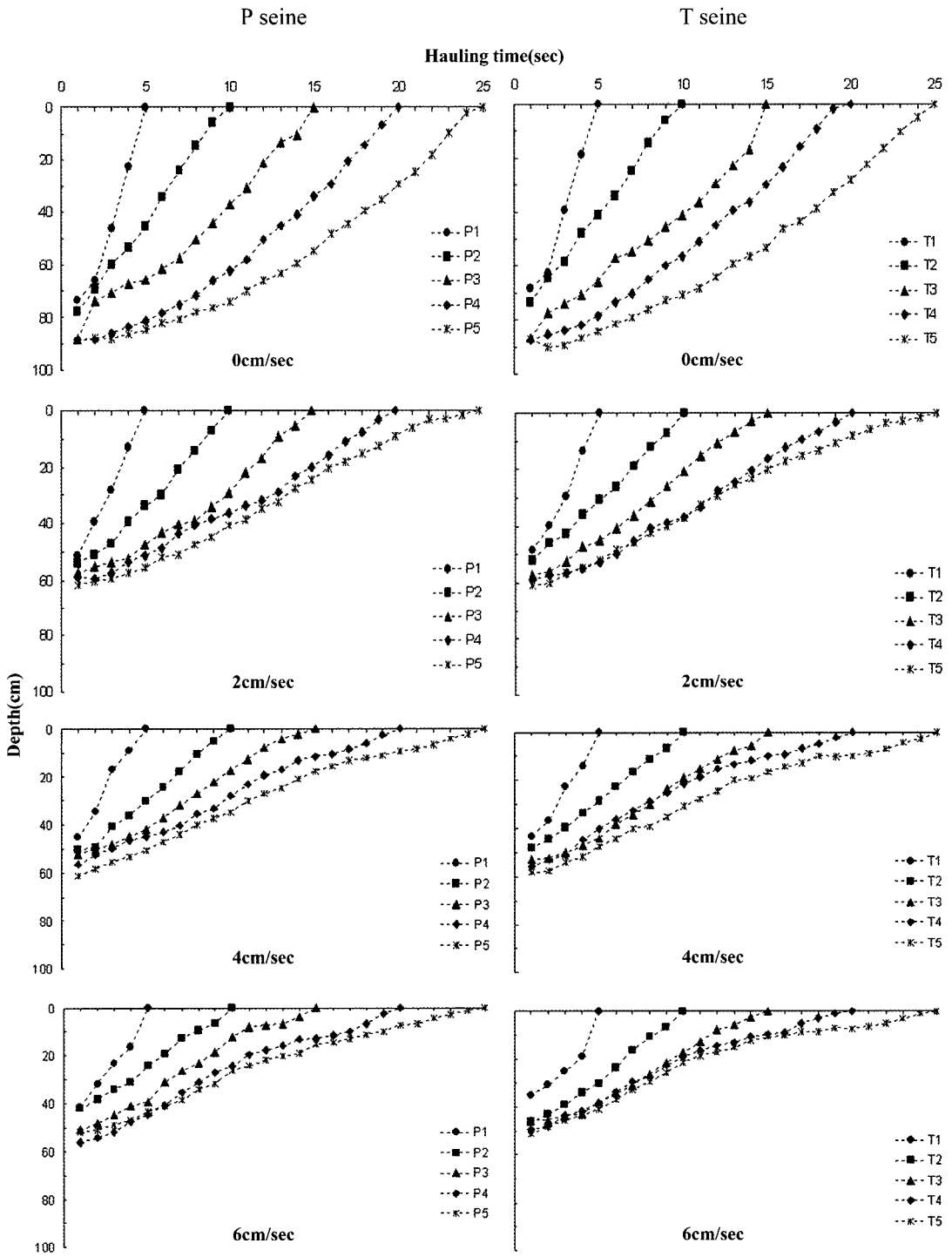


Fig. 3. The relationship between hauling time(sec) and depth(cm) for the leadline of model seines center part, during pursing in the flow velocity of 0, 2, 4 and 6cm/sec.

이 T seine보다 크게 나타났다.

양망되는 시간(Ht)에 따른 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심(Dh)의 변화는 완만한 직선적인 경향을 나타내므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$Dh = a Ht + b \quad (2)$$

이 때 어구, 유속, 줍줄 체결시간별로 a, b의 값과 상관계수 r을 정리하면 Table 2에 나타낸 범위의 내용과 같으며, 상관관계는 유의수준 5% 범위이었다. 여기서 a의 값은 일정하게 감소하는 경향을 보여 상관관계가 높으므로 유속 0, 2, 4, 6cm/sec일 때 각각 P 와 T seine에 대해서 (3) 식, (4)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_p = c Pt + d \quad (3)$$

$$a_t = e Pt + f \quad (4)$$

단, (3)식, (4)식의 a_p 와 a_t 는 각각 P와 T seine의 a의 값이고, Pt는 줍줄 체결시간이다.

이때 (3)식의 c, d와 (4)식의 e와 f 그리고 상관계수 r을 정리하면 Table 3, 4 와 같다. 여기서 Table 3과 4의 c, d, e, f의 값은 서로의 상관관계가 낮으므로 각각 평균값을 취하고 그 결과를 (3)식, (4)식에 대입하면 각각 (5)식, (6)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_p = 0.99 Pt - 7.63 \quad (5)$$

$$a_t = 1.03 Pt - 7.73 \quad (6)$$

이 때 c, d, e, f의 평균값에 대한 표준편차는 각각 0.31, 1.88, 1.33, 1.21이었다.

그리고, (2)식의 b값은 변화경향에 상관관계가 낮으므로 어구별로 평균값을 취하고 (5)식, (6)식과 함께 (2)식에 대입하면 각각 (7)식, (8)식으로 나타낼 수 있다. 이 때 b값의 평균값에 대한 표준편차는 P seine은 18.57, T seine은 18.15이었다.

$$Dhp = (0.99 Pt - 7.63) Ht + 69.01 \quad (7)$$

$$Dht = (1.03 Pt - 7.73) Ht + 66.74 \quad (8)$$

단, (7), (8)식의 Dhp와 Dht는 각각 P seine과 T seine의 양망되는 시간에 따른 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심이다.

줍줄을 체결 할 때 양망되는 시간과 선망어구

Table 3. The values of c, d in the equation (3) and correlation coefficients r (data n = 20)

Flow velocity (cm/sec)	c	d	r
0	1.39	-10.27	0.91
2	0.72	-6.44	0.93
4	1.08	-7.65	0.94
6	0.76	-6.15	0.87

Table 4. The values of e, f in the equation (4) and correlation coefficients r (data n = 20)

Flow velocity (cm/sec)	e	f	r
0	1.21	-9.54	0.91
2	0.89	-7.11	0.99
4	0.99	-7.20	0.96
6	1.02	-7.05	0.92

Table 2. The values of a, b in the equation (2) and correlation coefficients r (data n = 600)

Seines	Flow velocity (cm/sec)	Pursing time (sec)	EXP no.	a	b	r
P seine	0	5-25	P1-P5	-9.27 - -3.82	89.34 - 105.27	0.95 - 0.98
	2	5-25	P1-P5	-5.42 - -2.87	62.97 - 68.38	0.97 - 0.99
	4	5-25	P1-P5	-7.07 - -2.62	53.29 - 61.49	0.98 - 0.99
	6	5-25	P1-P5	-5.83 - -2.27	47.57 - 52.90	0.97 - 0.99
T seine	0	5-25	T1-T5	-8.68 - -3.83	82.11 - 104.29	0.97 - 0.98
	2	5-25	T1-T5	-6.37 - -2.74	51.07 - 63.76	0.97 - 0.99
	4	5-25	T1-T5	-6.58 - -2.50	54.03 - 58.41	0.97 - 0.99
	6	5-25	T1-T5	-6.58 - -2.13	54.03 - 47.97	0.95 - 0.98

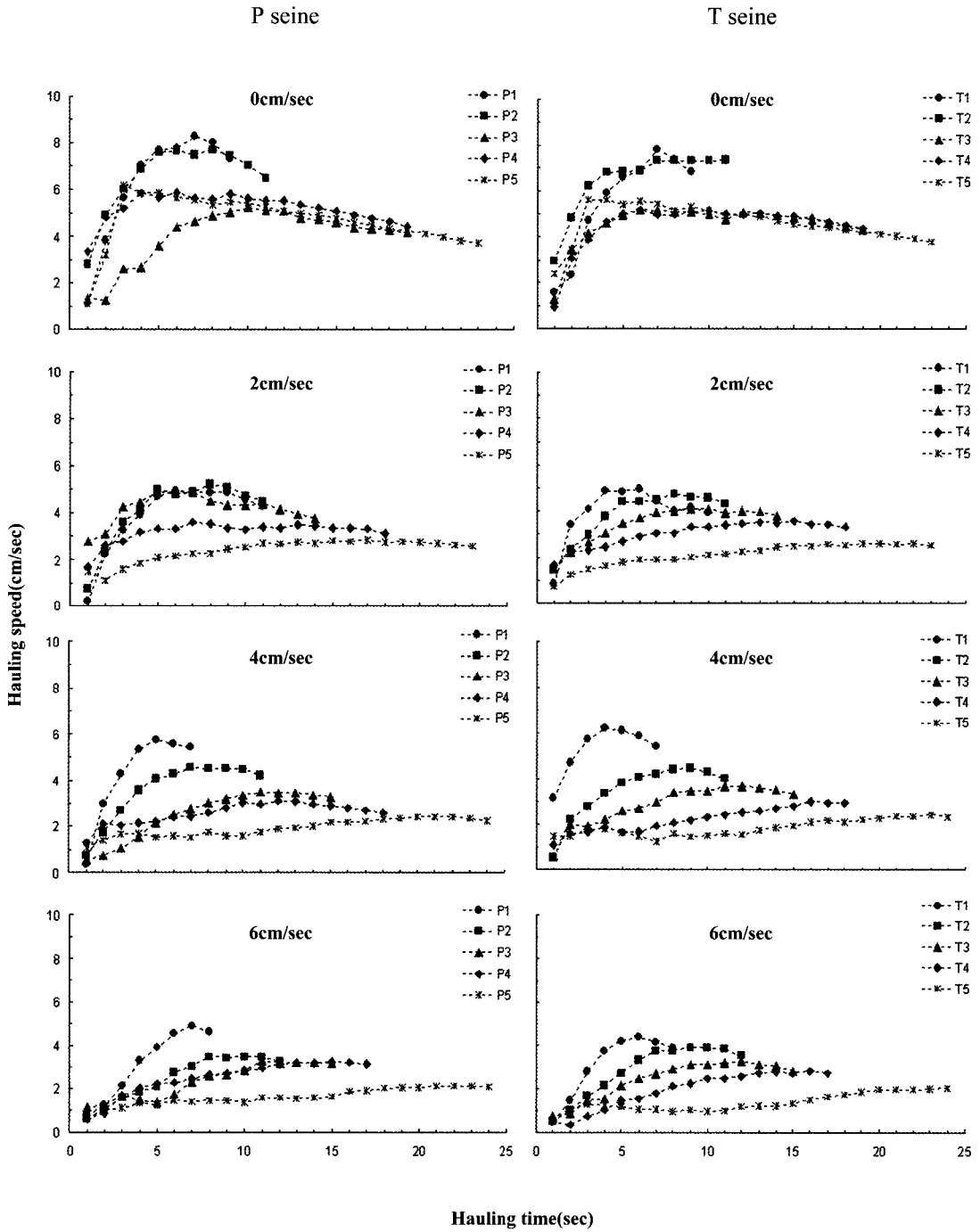


Fig. 4. The relationship between hauling time(sec) and hauling speed(cm/sec) for the leadline of the model seine center part, during pursuing in the flow velocity of 0, 2, 4 and 6cm/sec.

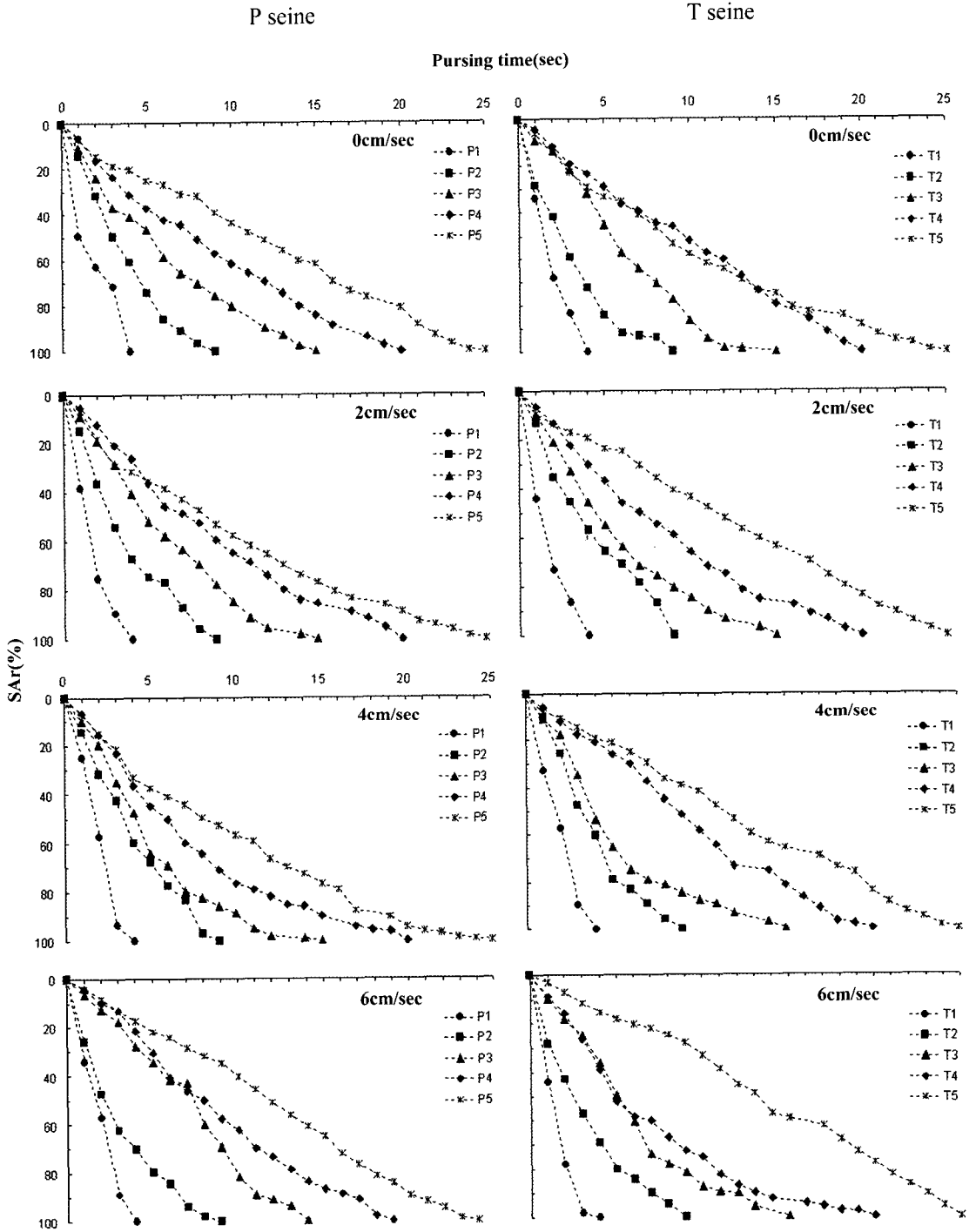


Fig. 5. The relationship between pursuing time(sec) and reduction rate of side area(sAr) for the projected side view, during pursuing in the flow velocity of 0, 2, 4 and 6cm/sec.

중양부 아랫자락이 양망되는 속도와의 관계를 Fig. 4에 나타냈는데, 전체적으로 서서히 증가하다가 완만하게 감소하는 현상을 보였다. 전체적으로 이들 어구들의 양망속도는 비슷한 값을 나타냈다.

양망되는 시간(Ht)에 따른 선망어구 중양부 아랫자락이 양망되는 속도(Hp)는 전체적으로 보면 완만한 곡선현상을 나타내므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$H_p = g H_t^2 + h H_t + i \quad (9)$$

이 때 g, h, i의 값과 상관계수 r을 정리하면 Table 5에 나타낸 범위의 내용과 같다. 여기서 g, h, i의 값은 서로의 상관관계가 낮으므로 어구별로 평균값을 취하고 그 결과를 (9)식에 대입하면 (10)식, (11)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$H_{pp} = -0.06 H_t^2 + 0.88 H_t + 0.78 \quad (10)$$

$$H_{pt} = -0.05 H_t^2 + 0.81 H_t + 0.98 \quad (11)$$

단, (10), (11)식의 H_{pp}와 H_{pt} 각각 P와 T seine의 양망속도이다. 이때 g, h, i의 평균값에 대한 표준편차는 P seine은 각각 0.07, 0.84, 1.49, T seine은 각각 0.07, 0.69, 1.10이었다.

침줄을 체결하면서 양망하는 과정에서 변화되는 침줄 체결시간과 선망어구의 측면부 면적 감소율과의 관계를 선망어구와 유속별로 Fig. 5에 나타냈다. 전체적으로 이들 어구들의 측면부 면적 감소율은 T seine이 P seine보다 작게 나타났다.

침줄 체결시간(Pt)에 따른 측면부 면적 감소율(sAr)은 완만하게 곡선적으로 증가하는 현상을 보이므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$sAr = j P_t^2 + k P_t + l \quad (12)$$

이 때 j, k, l의 값과 상관계수 r을 정리하면 Table 6에 나타낸 범위의 내용과 같다. 여기서 j, k, l의 값은 서로의 상관관계가 낮으므로 어구별

Table 5. The values of g, h, i in the equation (9) and correlation coefficients r (data n = 600)

Seines	Flow velocity (cm/sec)	Exp no.	g	h	i	r
P seine	0	P1 - P5	-0.21 - -0.02	0.37 - 2.87	-1.25 - 4.00	0.55 - 0.99
	2	P1 - P5	-0.10 - -0.01	0.21 - 1.45	-0.26 - 2.50	0.78 - 0.96
	4	P1 - P5	-0.27 - -0.01	0.07 - 2.91	-2.08 - 1.23	0.89 - 0.99
	6	P1 - P5	-0.07 - -0.01	0.08 - 1.26	-0.72 - 0.85	0.92 - 0.98
T seine	0	T1 - T5	-0.16 - -0.01	0.25 - 2.29	-0.91 - 3.83	0.56 - 0.98
	2	T1 - T5	-0.12 - -0.01	0.17 - 1.49	0.31 - 1.52	0.81 - 0.99
	4	T1 - T5	-0.21 - -0.01	-0.01 - 2.02	-0.13 - 1.55	0.84 - 0.99
	6	T1 - T5	-0.15 - 0.01	-0.01 - 1.85	-0.58 - 1.36	0.84 - 0.98

Table 6. The values of j, k, l in the equation (12) and correlation coefficients r (data n = 600)

Seines	Flow velocity (cm/sec)	Exp no.	j	k	l	r
P seine	0	P1 - P5	-1.26 - -0.06	6.59 - 24.06	-23.31 - - 5.05	0.99
	2	P1 - P5	-0.75 - -0.20	10.24 - 22.65	-21.81 - -11.94	0.97 - 0.99
	4	P1 - P5	-0.72 - -0.32	12.58 - 19.14	-25.31 - -13.02	0.99
	6	P1 - P5	-0.88 - 0.01	6.49 - 20.64	-23.10 - -11.45	0.97 - 0.99
T seine	0	T1 - T5	-0.94 - -0.12	8.78 - 23.49	-25.67 - -10.16	0.99
	2	T1 - T5	-0.94 - -0.15	9.79 - 21.68	-17.38 - -11.16	0.99
	4	T1 - T5	-0.86 - 0.01	6.59 - 20.53	-25.25 - - 5.48	0.99
	6	T1 - T5	-0.64 - 0.28	2.15 - 17.93	-22.47 - - 2.32	0.98 - 0.99

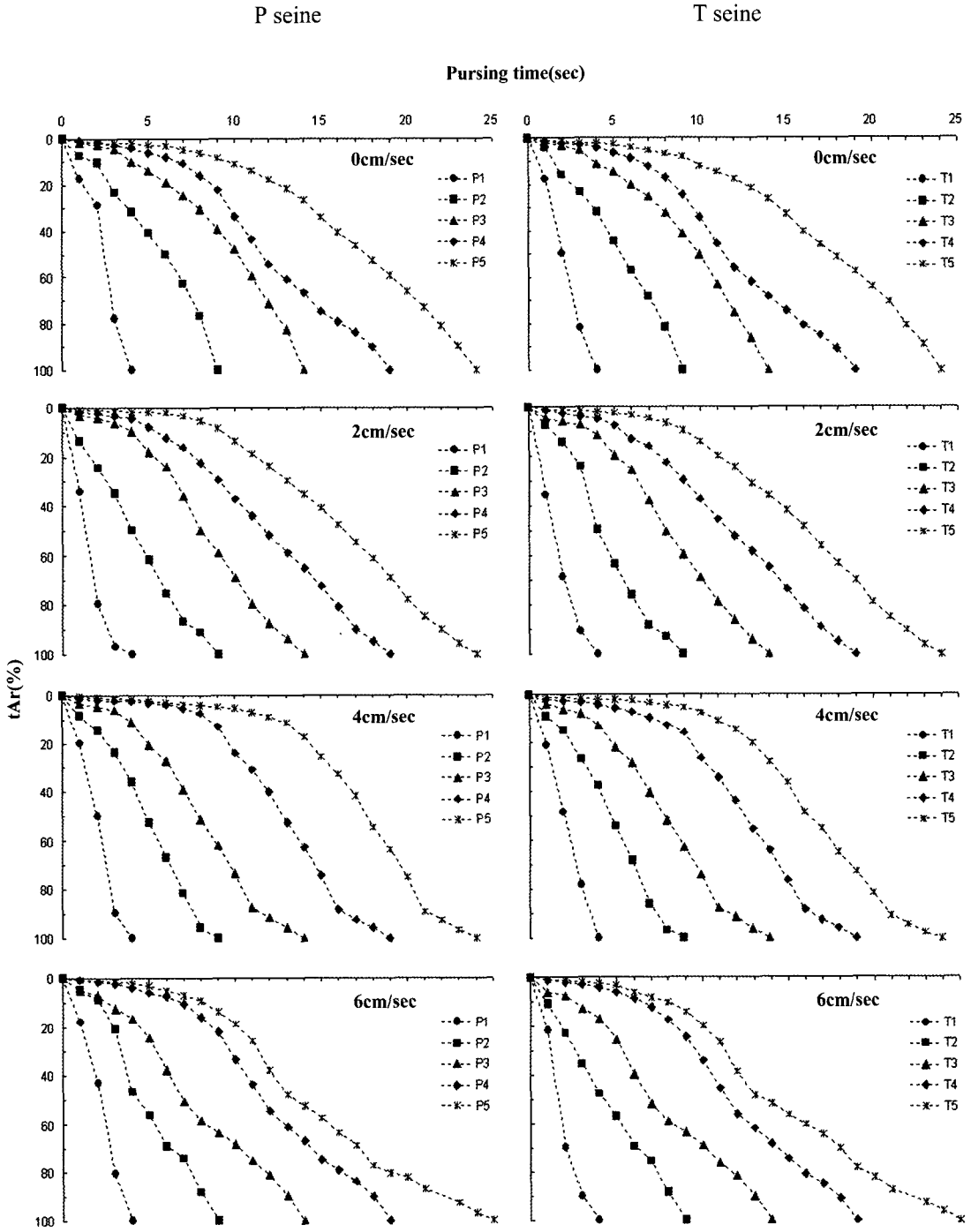


Fig. 6. The relationship between pursuing time(sec) and reduction rate of upper area(tAr) for the projected upper view, during pursuing in the flow velocity of 0, 2, 4 and 6cm/sec.

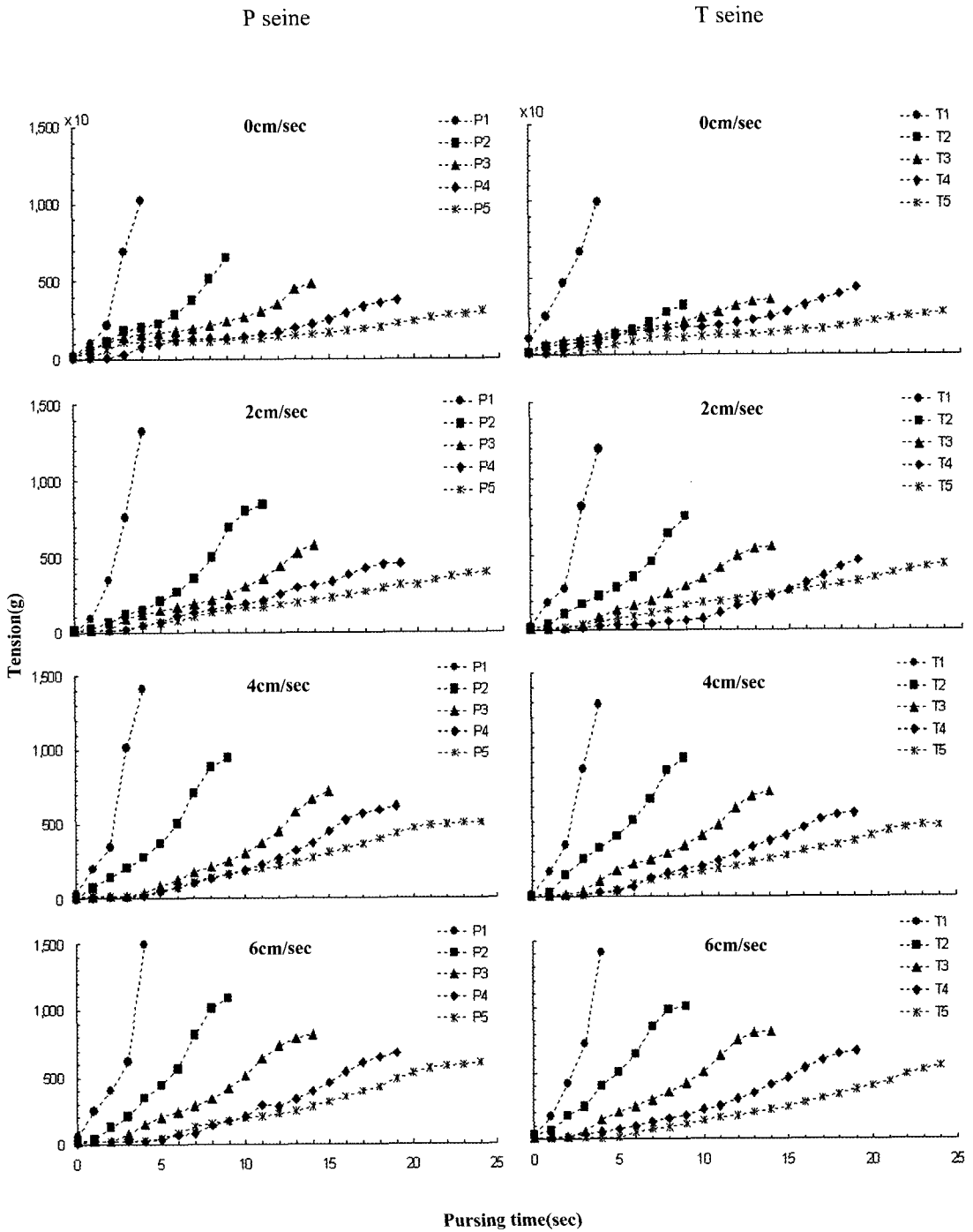


Fig. 7. The relationship between pursing time(sec) and tension(g) for the model seines, during pursing in the flow velocity of 0, 2, 4 and 6cm/sec.

로 평균값을 취하여 그 결과를 각각 (12)식에 대입하면 (13)식, (14)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$sArp = -0.48 Pt^2 + 14.79 Pt - 16.74 \quad (13)$$

$$sArt = -0.45 Pt^2 + 14.56 Pt - 16.48 \quad (14)$$

단, (13)식, (14)식의 sArp와 sArt는 각각 P와 T seine의 측면부 면적 감소율이다. 이때 j, k, i의 평균값에 대한 표준편차는 P seine은 각각 0.37, 5.41, 5.53, T seine은 각각 0.36, 5.73, 6.16이었다.

웁줄 체결시간과 선망어구의 상방부 면적 감소율과의 관계를 선망어구와 유속별로 Fig. 6에 나타냈다. 전체적으로 이들 어구들의 상방부 면적 감소율은 시간이 경과할수록 양자는 비슷한 값을 나타냈다.

웁줄 체결시간(Pt)에 따른 상방부 면적 감소율(tAr)은 측면부와 같은 경향을 보여 완만하게 곡선적으로 증가하는 현상을 나타내므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$tAr = m Pt^2 + n Pt + o \quad (15)$$

이 때 m, n, o의 값과 상관계수 r을 정리하면 Table 7에 나타낸 범위의 내용과 같다. 여기서 m, n, o의 값은 서로의 상관관계가 낮으므로 어구별로 평균값을 취하여 그 결과를 각각 (15)식에 대입하면 (16)식, (17)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$tArp = 0.34 Pt^2 - 0.66 Pt - 0.74 \quad (16)$$

$$tArt = 0.34 Pt^2 - 0.27 Pt - 1.80 \quad (17)$$

단, (16)식, (17)식의 tArp와 tArt는 각각 P와 T seine의 상방부 면적 감소율이다. 이 때 m, n, o의 평균값에 대한 표준편차는 P seine은 각각 0.16, 2.33, 5.63, T seine은 각각 0.16, 2.21, 4.94이었다.

웁줄에 걸리는 장력은 웁줄 체결에 소요되는 시간에 따라 변화를 보이는데(Park, et al., 1997), 웁줄 체결시간에 따른 웁줄의 장력을 선망어구와 유속별로 Fig. 7에 나타냈다. 웁줄의 장력은 웁줄 체결시간이 짧을 때는 급속히 증가하는데 웁줄 체결시간이 길어질수록 완만하게 곡선적으로 증가하는 현상을 보였다. 웁줄의 장력은 전

Table 7. The values of m, n, o in the equation (15) and correlation coefficients r (data n = 600)

Seines	Flow velocity (cm/sec)	Exp no.	m	n	o	r
P seine	0	P1 - P5	0.22 - 0.71	-2.24 - 0.22	- 3.67 - 3.96	0.98 - 0.99
	2	P1 - P5	0.20 - 0.53	-2.10 - -0.14	- 3.21 - -0.97	0.98 - 0.99
	4	P1 - P5	0.31 - 0.52	-3.59 - 0.01	- 4.38 - 8.90	0.97 - 0.98
	6	P1 - P5	0.10 - 0.24	0.06 - 6.17	-14.39 - -3.39	0.98
T seine	0	T1 - T5	0.22 - 0.72	-1.90 - 0.49	- 4.30 - 3.99	0.98 - 0.99
	2	T1 - T5	0.23 - 0.53	-1.65 - -0.07	- 3.34 - 0.90	0.98 - 0.99
	4	T1 - T5	0.25 - 0.49	-2.33 - 0.61	- 5.56 - 3.74	0.97 - 0.98
	6	T1 - T5	0.08 - 0.23	0.21 - 6.51	-14.71 - -3.60	0.98

Table 8. The values of p, q, s in the equation (18) and correlation coefficients r (data n = 600)

Seines	Flow velocity (cm/sec)	Exp no.	p	q	s	r
P seine	0	P1 - P5	0.14 - 5.14	1.18 - 9.74	- 5.69 - 39.17	0.93 - 0.98
	2	P1 - P5	0.01 - 7.39	-16.81 - 19.32	-33.53 - 21.44	0.99
	4	P1 - P5	0.30 - 8.56	-21.48 - 16.23	-33.62 - 20.99	0.99
	6	P1 - P5	0.60 - 8.87	-31.24 - 12.00	-20.46 - 41.93	0.99
T seine	0	T1 - T5	0.02 - 2.41	- 3.63 - 13.48	- 8.08 - 8.63	0.96 - 0.99
	2	T1 - T5	-0.07 - 6.33	-15.70 - 21.46	-41.76 - 17.71	0.99
	4	T1 - T5	0.23 - 7.10	- 3.43 - 16.73	-54.73 - -25.82	0.99
	6	T1 - T5	0.67 - 5.45	7.16 - 18.97	-62.18 - -38.28	0.99

체적으로 P seine이 T seine보다 평균 7%정도 크게 나타나서 Park et al.(1997)의 연구결과와 비슷한 결과를 나타냈다.

웁줄 체결시간(Pt)에 따른 웁줄의 장력(Te)의 관계는 곡선적으로 증가하는 경향을 보이므로 값의 설정범위에서 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$Te = p Pt^2 + q Pt + s \quad (18)$$

이 때 p, q, s의 값과 상관계수 r을 정리하면 Table 8에 나타난 범위의 내용과 같다. 여기서 p, q, s의 값은 서로의 상관관계가 낮으므로 어구별로 평균값을 취하여 그 결과를 각각 (18)식에 대입하면 (19)식, (20)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$Tep = 2.79 Pt^2 + 2.26 Pt - 0.60 \quad (19)$$

$$Tet = 2.14 Pt^2 + 8.08 Pt - 27.50 \quad (20)$$

단, (19)식, (20)식의 Tep와 Tet는 각각 P와 T seine의 웁줄의 장력이다. 이때 p, q, s의 평균값에 대한 표준편차는 P seine은 각각 3.07, 14.71, 24.33, T seine은 각각 2.27, 11.55, 25.63이었다.

실험결과를 살펴보면 양망시간에 따른 선망 어구 중앙부 아랫자락의 수심의 변화를 표현한 실험식은 어느 정도 서로간의 상관관계가 있어서 유의성이 보이거나, 그 이외의 실험식에서는 서로간의 상관관계가 낮아서 유의성이 다소 낮게 나타났다.

웁줄을 체결할 때의 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심, 선망어구 측면부 면적 감소율과 웁줄의 장력은 P seine이 T seine보다 전체적으로 조금 크게 나타났으며 양망되는 속도와 선망어구 상방부 면적감소율은 양자가 비슷하게 나타났는데, 장력 변화 경향은 Park et al. (1997, 1998)과 Kim et al.(1999, 2003)의 연구 결과와 비슷한 결과를 나타냈다. 이와 같은 결과에서 보면 P seine과 T seine을 조업에 이용하는 어장 환경이 다르기는 하나 국내의 현장에서 단선조업의 형태로 시스템을 전환 할 때는 T seine의 구조를 일정부

분 도입해도 문제가 없을 것으로 보여진다.

이 연구에서 설정 유속이 빠를 때 선망 어구형상의 변형정도가 심하여 측정오차가 발생하거나 실험이 불가능하였는데 이 부분 등을 포함한 구체적인 연구가 추가되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

선망어업의 생산성 향상과 생력화에 관한 일련의 기초 연구인데 조업 중 투망과 웁줄 체결과정에서 조류 등의 외력의 영향으로 망형이 변형되어 어려움이 많은데 이 특성을 검토하기 위해 실내 회류수조에서 유속 0, 2, 4, 6cm/sec의 4단계로 설정하고 실험을 실시했다. 일반적으로 제주 근해에서 사용하고 있는 고등어 선망어구인 파워블록용 선망(Power block seine)과 앞으로 예상되는 단선조업에서의 고등어 선망어구인 트리플렉스용 선망(Triplex seine)을 모델로 1/180의 축척비로 제작한 두 가지 모형망을 이용하여 실험을 실시하고 선망어구별로 웁줄을 체결할 때의 망형 변화, 면적 변화와 장력 변화 등의 몇 가지 수중운동 특성을 해석하였는데, 그 결과는 다음의 내용과 같다. 설정유속 6cm/sec까지는 실험이 가능하였으나 그 이상의 유속에서는 선망어구의 날림과 변형이 심하여 실험이 불가능 하였다. 웁줄을 체결하여 양망할 때 선망어구 중앙부 아랫자락의 수심, 선망어구 측면부 면적 감소율과 웁줄의 장력은 P seine이 T seine보다 조금 크게 나타났으며 양망되는 속도와 선망어구 상방부 면적감소율은 양자가 비슷하게 나타났다. P seine과 T seine의 양망되는 시간(Ht)과 양망되는 수심(Dhp, Dht)과의 관계는 각각 $Dhp = (0.99Pt - 7.63)Ht + 69.01$, $Dht = (1.03Pt - 7.73)Ht + 66.74$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다. 단, 여기서 Pt는 웁줄체결 시간이다. 그리고, 양망되는 시간과 양망되는 속도(Hpp, Hpt)와의 관계는 각각 $Hpp = -0.06Ht^2 + 0.88Ht + 0.78$, $Hpt = -0.05Ht^2 + 0.81Ht + 0.98$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다. 웁줄 체결시간(Pt)과 선망어구 측면부 면적 감소율

(sArp, sArt)과의 관계는 각각 $sArp = -0.48Pt^2 + 14.79Pt - 16.74$, $sArt = -0.45Pt^2 + 14.56Pt - 16.48$ 의 실험식으로 나타내고, 선망어구 상방부 면적 감소율(tArp, tArt)은 각각 $tArp = 0.34Pt^2 - 0.66Pt - 0.74$, $tArt = 0.20Pt^2 - 0.27Pt - 1.80$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다. 또한 줍줄 체결시간과 줍줄의 장력(Tep, Tet)과의 관계는 각각 $Tep = 2.79Pt^2 + 2.26Pt - 0.60$, $Tet = 2.14Pt^2 + 8.08Pt - 27.50$ 의 실험식으로 나타낼 수 있다.

사 사

이 연구를 수행함에 있어서 실험에 협조하여 주신 Kagoshima대학 수산학부 Fuwa shigeru교수, Ishizaki munechika교수, Ebata keigo교수와 자료정리에 도움을 준 대학원생 구명성, 서대범, 강경범군에게 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

- Iitaka, Y., 1954. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 1. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 20(7), 571 - 575.
- Iitaka, Y., 1955. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 2. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(1), 6 - 11.
- Iitaka, Y., 1955. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 3. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 21(7), 459 - 462.
- Iitaka, Y., 1956. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 4. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 22(7), 389 - 392.
- Iitaka, Y., 1958. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 5. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 23(9), 511 - 513.
- Iitaka, Y., 1958. Model experiments on the sardine purse seine operating in Hyuganada - 6. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 24(6&7), 407 - 410.
- Inoue, M., 1954. Model experiments on a Sardine ring net. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19(9), 942 - 946.
- Ishiii, K. and T. Konagaya, 1961. On the form and the tension of purse line of a purse seine. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 27(9), 846 - 849.
- Kawakami, T., 1964. The theory of desiging and testing fishing nets in model, Modern fishing gear of the world - II. Fishing News Books. London, 471 - 481.
- Kim, S.J., T. Imai and H. Kikukawa, 1992. An analysis on the sinking characteristics of weighted netting. Nippon suisan gakkaiishi, 58(6), 1037 - 1042.
- Kim, S.J., T. Imai and J.S. Park, 1995. Characteristics on the motion of purse seine - 1, The sinking behaviour of model purse seine by different netting material. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31(4), 362 - 371.
- Kim, S.J. and J.S. Park, 1995. Characteristics on the motion of purse seine - 2, An analysis on the sinking characteristics of model purse seine by different netting material. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 31(4), 372 - 378.
- Kim, S.J. and J.S. Park, 1998. An analysis of sinking resistance for purse seine, In the case of the model seine with different d/l. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 34(3), 274 - 282.
- Kim, S.J., 1999. Studies on the improvement of the fishing efficiency of purse seine in the sea area of cheju island, The changes of seine volume and tension in the purseline during pursing. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35(2), 93 - 101.
- Kim, S.J., C.M. Choi and Y.J. Chung, 2003. Studies on the improvement of the productivity of the purse seine fishery, The characteristics on the motion of purse seine in the experimental operation of one boat system. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(2), 99 - 111.
- Kim, S.J., 2004. An analysis on the sinking resistance for purse seine, 2. In the case of the model seine with different netting material and sinkers. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40(1), 29 - 36.
- Kim, S.J., 2007. Studies on the improvement of the productivity of purse seine fishery-I, The sinking movements with the flow velocity on the model purse seine of the subjective power block and triplex. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 43(1), 1 - 11.

- Konagaya, T., 1970. Studies on the design of the purse seine - II, Effect of the mesh and the specific gravity of webbing. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 37 (1), 8 - 12.
- Konagaya, T., 1971. Studies on the design of the purse seine. Jour. Fac. Fish. Pre. Univ. Mie, 8(3), 209 - 296.
- Kondo, Y. and E. Hamada, 1960. Study on Purse seine by measuring - I, On shape of sardine purse seine operating in Bungo channel. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 26(3), 264 - 266.
- Liu, D.C., O. Sato, K. Nashimoto and K. Yamamoto, 1984. Configuration of lead line of purse seine during pursing. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 35(4), 234 - 242.
- Nomura, M., K. Mori, Y. Tawara and K. Kumura, 1987. Study on behaviour of purse seine - 4, Large scale model experiment of horse mackerel purse seine. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 49, 63 - 80.
- Park, J.S., 1986. A study on the fishing ability of the mackerel purse seine operating and the fishing condition in the sea area of Cheju Island. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(3), 42 - 46.
- Park, J.S., 1986. Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island - 1, Model experiment on the changes of net shape in stagnant water. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(2), 7 - 15.
- Park, J.S., T. Aoyama and M. Suzuki, 1986. Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island - 2, Model experiment on the deformation of net in two layer current. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 22(4), 32 - 40.
- Park, J.S., 1989. Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island - 3, Fishing ability of purse seiner by classes of boat size. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 25(2), 61 - 69.
- Park, J.S., 1991. Studies on the mackerel purse seine operating in the sea area of Cheju Island - 4, The characteristics of catch and ability in purse seine. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 27(4), 247 - 254.
- Park, J.S., S.J. Kim and S.K. Kim, 1997. A study on the behaviour of fish schools in the process of catch of the purse seine fishing method. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 33(3), 173 - 182.
- Park, J.S., H. Kikukawa and S.J. Kim, 1999. A Study on the tension of a purse line in the process of catch of the purse seine fishing method - I, Model experiment on the tension of a purseline by net shapes. Bull. Korean Fish. Tech. Soc., 35(1), 1 - 10.
- Shimozaki, Y., Y. Osawa, H. Niwa and K. Honda, 1988. On the tension on a purse line in purse seining. Bull. Nat. Res. Fish. Eng., 9, 303 - 310.

2006년 9월 4일 접수

2006년 11월 2일 수리